

**TINJAUAN KUAT LENTUR BALOK BETON BERTULANG DENGAN  
PENAMBAHAN KAWAT YANG DIPASANG MENYILANG DI BAWAH  
PADA TULANGAN GESER**

**NASKAH PUBLIKASI**

untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat sarjana S-1 Teknik Sipil



diajukan oleh :

**AGUS PRASETYO  
NIM : D 100 090 037**

kepada :

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2014**

## LEMBAR PENGESAHAN

### TINJAUAN KUAT LENTUR BALOK BETON BERTULANG DENGAN PENAMBAHAN KAWAT YANG DIPASANG MENYILANG DI BAWAH PADA TULANGAN GESER

#### Naskah Publikasi

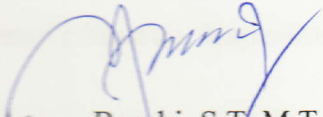
diajukan dan dipertahankan pada ujian pendadaran  
Tugas Akhir di hadapan Dewan Penguji  
pada tanggal 10 September 2014

diajukan oleh :


**AGUS PRASETYO**  
**NIM : D 100 090 037**

Susunan Dewan Penguji:

Pembimbing Utama

  
Basuki, S.T. M.T.  
NIK : 783

Pembimbing Pendamping

  
Muhammad Ujianto, S.T. M.T.  
NIK : 728


Anggota

  
Ir. Suhendro Trinugroho., M.T.  
NIK : 732

Dekan Fakultas Teknik

  
Ir. Sri Sunarjono, M.T, Ph.D.  
NIK : 682

Ketua Program Studi Teknik Sipil

  
Mochamad Solikhin, S.T, M.T, Ph.D.  
NIK : 792

# **TINJAUAN KUAT LENTUR BALOK BETON BERTULANG DENGAN PENAMBAHAN KAWAT YANG DIPASANG MENYILANG DI BAWAH PADA TULANGAN GESER**

**Agus Prasetyo<sup>1)</sup>, Basuki<sup>2)</sup> dan Muhammad Ujianto<sup>3)</sup>**

<sup>1)</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani Tromol Pos 1, Pabelan Surakarta 57102.

Email : [kusuma\\_agus68@yahoo.com](mailto:kusuma_agus68@yahoo.com)

<sup>2), 3)</sup> Staf pengajar Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.  
Jl. A. Yani Tromol Pos 1, Pabelan Surakarta 57102.

## **ABSTRAK**

Balok beton merupakan salah satu elemen struktur portal dengan bentang yang arahnya horizontal. Beban yang bekerja pada balok biasanya berupa beban lentur, beban geser, maupun beban puntir, sehingga perlu baja tulangan untuk menahan beban-beban tersebut. Tulangan ini berupa tulangan memanjang (tulangan longitudinal) dan tulangan geser (begel). Kuat lentur balok harus lebih kuat dan mampu mendukung beban di atasnya. Oleh karena itu, tulangan balok perlu diperkuat menggunakan kawat untuk menambah kuat lentur balok tersebut. Perencanaan campuran adukan beton dengan menggunakan metode SNI.T-15-1990-03, sesuai dengan faktor air semen sebesar 0,5. Penelitian ini telah diketahui besarnya kuat lentur balok. Balok beton bertulang dengan penambahan kawat yang dipasang menyilang kenaikan kuat lentur balok beton bertulang secara pengujian dengan kuat lentur balok beton bertulang secara analisis. Dalam penelitian ini, kawat yang digunakan adalah kawat galvanis ukuran  $\phi$  1,02 mm,  $\phi$  1,29 mm,  $\phi$  1,63 mm. Dalam penelitian ada 2 variasi penambahan kawat yaitu *Single* dan *Double*. Hasil dari penelitian ini didapatkan momen kapasitas balok beton bertulang baja biasa 11,360 kN.m, momen kapasitas balok beton bertulang baja biasa dengan penambahan kawat  $\phi$  1,02 mm, *single* sebesar 11,842 kN.m., penambahan kawat  $\phi$  1,02 mm *double* sebesar 12,135 kN.m, balok beton bertulang baja biasa dengan penambahan kawat  $\phi$  1,29 mm sebesar 11,854 kN.m, penambahan kawat  $\phi$  1,29 mm *double* sebesar 12,191 kN.m, penambahan kawat  $\phi$  1,63 mm sebesar 11,913 kN.m., penambahan kawat  $\phi$  1,63 mm *double* sebesar 12,588 kN.m.

**Kata kunci : Momen, Kapasitas, Balok, Kawat, Galvanis, *Single*, *Double***

## **PENDAHULUAN**

Beton adalah salah satu unsur yang sangat penting dalam struktur bangunan. Kelebihan beton bila dibandingkan dengan material lain diantaranya adalah tahan api, tahan lama, kuat tekannya cukup tinggi serta mudah dibentuk ketika masih segar. Beton juga telah banyak mengalami perkembangan-perkembangan baik dalam teknologi pembuatannya ataupun teknologi pelaksanaannya. Bahan dasar beton pada beton adalah semen, pasir, kerikil dan air. Perkembangan yang telah sangat dikenal adalah ditemukannya kombinasi antara material beton dan baja tulangan yang digabungkan menjadi satu kesatuan konstruksi dan dikenal sebagai beton bertulang.

Beton bertulang banyak diterapkan pada bangunan teknik sipil, misalnya: bangunan gedung, dinding penahan tanah, bendungan, perkerasan jalan dan bangunan teknik sipil lainnya. Bangunan gedung sendiri terdiri dari beberapa bagian struktur, seperti pondasi, sloof, kolom, balok dan pelat.

Beton bertulang sebagai elemen balok umumnya diberi tulangan memanjang (lentur) dan tulangan sengkang (geser). Tulangan lentur untuk menahan beban lentur yang terjadi pada balok, sedangkan tulangan geser untuk menahan gaya geser. Balok beton merupakan bagian dari struktur bangunan

yang berfungsi untuk menopang lantai di atasnya, balok juga berfungsi sebagai penyalur momen menuju kolom-kolom..

Balok beton merupakan salah satu elemen struktur portal dengan bentang yang arahnya horizontal. Beban yang bekerja pada balok biasanya berupa beban lentur, beban geser, maupun beban puntir, sehingga perlu baja tulangan untuk menahan beban-beban tersebut. Tulangan ini berupa tulangan memanjang (tulangan longitudinal) dan tulangan geser (begel). Beton hanya mempunyai elastisitas yang sedikit berbeda dengan kayu atau baja yang mempunyai kelenturan cukup besar. Balok beton bertulang lebih sering didesain untuk memikul momen lentur dengan menggunakan penampang bertulangan ganda, sebab ditinjau dari mekanisme lentur penampang bertulangan ganda mempunyai daktilitas yang lebih besar daripada penampang bertulangan tunggal. Kuat lentur balok harus lebih kuat dan mampu mendukung beban di atasnya. Oleh karena itu, tulangan balok perlu diperkuat menggunakan kawat untuk menambah kuat lentur balok tersebut. Bahan yang digunakan dalam penelitian balok beton ini adalah pasir, semen, kerikil, air, tulangan baja dan kawat.

## TINJAUAN PUSTAKA

Beton adalah campuran yang terdiri dari semen, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil/batu pecah) dan air. Semen berfungsi sebagai bahan pengikat/perekat agregat kasar dan agregat halus yang merupakan komponen utama kekuatan tekan beton, sedangkan air sebagai bahan pembantu reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung.

Kekuatan, keawetan dan sifat beton yang lain tergantung pada sifat-sifat bahan-bahan dasar, nilai perbandingan bahan-bahannya, cara pengadukan maupun cara pengerjaan selama penuangan adukan beton, cara pemadatan, dan cara perawatan selama proses pengerasan. Oleh karena itu cara pembuatannya perlu diketahui dengan benar agar sesuai dengan ketersediaan bahan dasarnya dilapangan maupun persyaratan pemakaiannya. (Tjokrodinuljo, 1996).

Kuat tekan beton diberi notasi  $f'_c$  dengan satuan  $N/mm^2$  atau MPa, yaitu kuat tekan silinder beton yang disyaratkan pada umur 28 hari yang nilainya berkisar antara kurang lebih 10 MPa sampai 65 MPa. Suatu pelat beton bertulang sederhana, menahan beban yang mengakibatkan timbulnya momen lentur, maka akan terjadi deformasi lentur didalam pelat tersebut. Pada kejadian momen lentur positif, tegangan tekan terjadi pada bagian atas dan regangan tarik terjadi di bagian bawah dari penampang, besarnya kuat lentur beton dari benda uji dihitung dengan rumus:

$$M_{\text{pengujian}} = \frac{1}{4} P \cdot L + \frac{1}{8} q \cdot L^2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

dengan :

- M = Momen pengujian kuat lentur, (kN.m)
- P = Beban maksimum, (kN).
- L = Jarak antar tumpuan, (mm).
- q = Berat sendiri beton, (kN/mm).

Bahan yang dipergunakan sebagai pengikat tulangan baja yaitu kawat. Kawat adalah benda yang terbuat dari logam yang panjang dan lentur. Kawat digunakan sebagai pengikat antar tulangan agar tulangan tersebut tidak goyang atau lepas sebelum pengecoran dimulai. Jenis kawat yang biasa digunakan dalam dunia teknik sipil adalah kawat bendrat dan kawat galvanis. Pada umumnya kawat bendrat hanya mempunyai satu ukuran tertentu, sementara pada kawat galvanis mempunyai beragam diameter dari 0,180 mm hingga 14,731 mm.

## LANDASAN TEORI

Bahan pembentuk beton yang utama adalah semen, pasir, kerikil dan air yang dicampur/ diaduk dengan perbandingan tertentu. Bahan Material pembentuk beton yang utama adalah semen, agregat halus, agregat kasar dan air. Untuk membentuk beton, material-material tersebut harus dicampur dengan perbandingan tertentu dan bila diperlukan diberi bahan

tambahan tertentu sehingga akan dihasilkan beton yang mempunyai sifat-sifat tertentu pula. Jika suatu campuran beton dipadatkan secara sempurna, maka kuat tekan beton hanya tergantung pada nilai perbandingan antara berat air dan berat semen yang biasa disebut faktor air semen. Pemadatan secara sempurna dimaksudkan untuk menghindari adanya kandungan udara yang berlebihan dalam beton. Kandungan udara yang berlebihan dalam beton akan mengakibatkan beton menjadi bersifat porous atau berongga di dalamnya dan beton akan berkurang kekuatannya. Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan beton. Besarnya momen maksimal dapat dihitung sebagai berikut :

3a). *Momen kapasitas balok beton tulangan baja dan tulangan baja yang diperkuat dengan kawat secara hasil uji.* Pengujian momen maksimal pelat persegi dimaksudkan untuk mengetahui besarnya momen yang dapat ditahan oleh pelat. Besarnya momen maksimal oleh beban luar pada benda uji dapat diuraikan sebagai berikut :

$$M_{\text{maks}} = \frac{1}{4} \cdot P_{\text{maks}} \cdot L + \frac{1}{8} \cdot q \cdot L^2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

3b). *Momen kapasitas balok beton tulangan baja biasa secara teoritis.* Untuk perhitungan gaya -gaya yang ditimbulkan oleh tulangan baja dapat dihitung menggunakan persamaan di bawah ini :

$$C_s = A'_s \cdot f'_s \quad \dots\dots\dots (3)$$

Gaya tekan beton adalah :

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \quad \dots\dots\dots (4)$$

Karena  $a < a_{\text{min}}$  leleh sehingga nilai  $a$  dihitung lagi dengan :

$$p = \frac{600 \cdot A'_s \cdot f'_s - A_s \cdot f_y}{1,7 \cdot f'_c \cdot b} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$q = \frac{600 \cdot \beta_1 \cdot d_s \cdot A'_s}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$a = \sqrt{p^2 + q} - p \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$f'_s = \left( \frac{a - \beta_1 \cdot d'_s}{a} \right) \times 600 \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$M_{\text{kap1}} = C_c \cdot (d - a/2) \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$M_{\text{kap2}} = C_s \cdot (d - d'_s) \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$M_{\text{kap}} = M_{\text{kap1}} + M_{\text{kap2}} \quad \dots\dots\dots (11)$$

dengan :

$A'_s$  = Luas longitudinal tekan, ( $mm^2$ ).

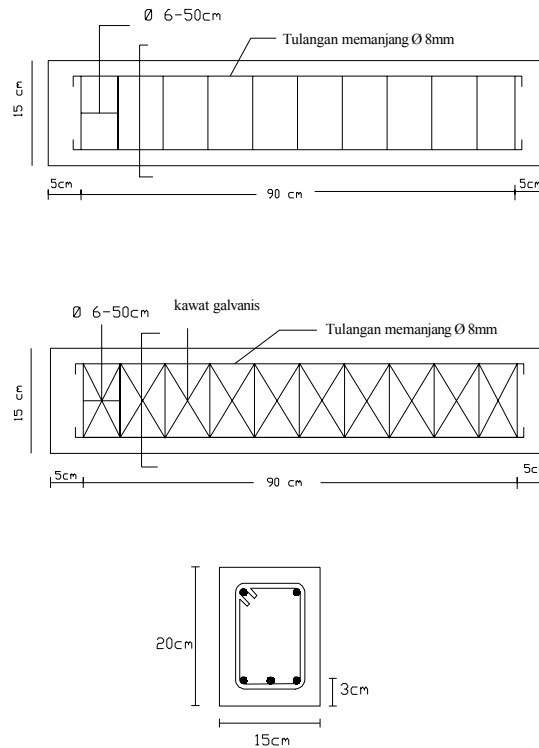
$A_s$  = Luas longitudinal tarik, ( $mm^2$ ).

$C_c$  = Gaya tekan beton, (N).

$d'_s$  = Jarak antara pusat berat tulangan tarik pada baris paling dalam dan tepi serat beton tekan.

## METODE PENELITIAN

### Desain benda uji



Gambar 1. Pemasangan tulangan pada benda uji balok

### Tahapan Penelitian

Penelitian dilaksanakan dalam 5 tahap yang dijelaskan sebagai berikut:

1. Tahap I : Persiapan bahan – bahan dan alat – alat penelitian.
2. Tahap II : Pemeriksaan kualitas bahan – bahan penelitian.
3. Tahap III : Penyediaan benda uji
  - a. Perencanaan campuran (*mix design*), pembuatan adukan beton dan sampel pengujian kuat tekan beton berbentuk silinder berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 3 buah
  - b. Pembuatan rangkaian tulangan baja dapat dilihat pada Gambar IV.1
  - c. Pembuatan sampel balok beton bertulang biasa berukuran (100 x 50 x 10) cm sebanyak 2 buah
  - d. Pembuatan sampel balok beton bertulang dengan penambahan kawat yang dipasang menyilang dengan ukuran kawat 1.63 mm berukuran 15 x 20 cm dengan tebal 100 cm sebanyak 4 buah, *single* dan *double*
  - e. Pembuatan sampel balok beton bertulang dengan penambahan kawat yang dipasang menyilang dengan ukuran kawat 1.29 mm berukuran 15 x 20 cm dengan tebal 100 cm sebanyak 4 buah, *single* dan *double*
  - f. Pembuatan sampel balok beton bertulang dengan penambahan kawat yang dipasang menyilang dengan ukuran kawat 1.02 mm berukuran 15 x 20 cm dengan tebal 100 cm sebanyak 4 buah, *single* dan *double*
4. Tahap IV : Pengujian, meliputi : kuat tekan beton dan kuat lentur balok beton bertulang sederhana.
5. Tahap V : Analisis data dan pembahasan.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan sesuai dengan berbagai tahap, seperti yang telah dijabarkan dalam tahap -tahap penelitian.

### Pengujian Kuat Lentur Blok Beton

1. Hasil pengujian balok Beton bertulang baja. Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan, didapatkan momen kapasitas yang terjadi pada balok beton bertulangan baja dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Momen kapasitas balok beton bertulangan baja dari hasil pengujian.

No	Kode	P (kN)	q (kN/m)	L (m)	M <sub>uji</sub> (kNm)
1	B1	50,8	1,195	0,9	11,551
2	B2	49,1	1,195	0,9	11,168
Rata-rata =					11,360

2. *Hasil Perhitungan secara analisis Balok Beton Bertulang Baja.* Berdasarkan hasil perhitungan secara teoritis, momen kapasitas dan lentur yang terjadi pada balok beton bertulangan baja dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Momen kapasitas balok beton bertulangan baja dari perhitungan secara teoritis

No	b (mm)	h (mm)	d <sub>s</sub> (mm)	d (mm)	ø (mm)	f <sub>c</sub> (MPa)
1	150	200	39,9	160,1	7,8	18,744
2	150	200	39,9	160,1	7,8	18,744
Lanjutan						
f <sub>y</sub> (MPa)	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>s1</sub> (mm <sup>2</sup> )	a (mm)	M <sub>nominal</sub> (kN.m)	M <sub>kap</sub> (kN.m)	
624,43	143,351	95,567	37,22	12,586	10,068	
624,43	143,351	95,567	37,22	12,586	10,068	

3. *Hasil pengujian balok beton bertulang dengan penambahan kawat ø 1,02 mm.* Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan, didapatkan momen kapasitas yang terjadi pada Balok beton bertulang dengan penambahan kawat *single* dan *double* ø 1,02 mm dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Momen kapasitas balok beton bertulang baja dengan penambahan kawat *single* dan *double* ø 1,02 mm dari hasil pengujian.

Kawat *single* 1,02 mm.

No	Kode	P (kN)	q (kN/m)	L (m)	M <sub>uji</sub> (kNm)
1	BK.S.14a	53,5	0,072	0,9	12,045
2	BK.S.14a	51,7	0,072	0,9	11,640
Rata-rata =					11,842

Kawat *double* 1.02 mm

No	Kode	P (kN)	q (kN/m)	L (m)	M <sub>uji</sub> (kNm)
1	BK.D.14a	55,7	0,072	0,9	12,540
2	BK.D.14a	52,1	0,072	0,9	11,730
Rata-rata =					12,135

4. *Hasil perhitungan secara teoritis balok beton bertulang dengan penambahan kawat single dan double ø 1,02 mm.* Berdasarkan hasil perhitungan secara teoritis, momen kapasitas yang terjadi pada balok beton bertulangan dengan penambahan kawat *single* dan *double* ø 1,02 mm dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Momen kapasitas balok beton bertulangan dengan penambahan kawat *single* dan *double* ø 1,02 mm dari perhitungan secara teoritis.

No	b (mm)	h (mm)	d <sub>s</sub> (mm)	D (mm)	ø baja (mm)	ø kwt (mm)	f <sub>c</sub> (MPa)	f <sub>y</sub> baja (MPa)	f <sub>y</sub> kwt (MPa)
1	150	200	39,9	160,1	7,8	1,02	18,744	624,43	765,24
2	150	200	39,9	160,1	7,8	1,02	18,744	624,43	765,24
Lanjutan									
A <sub>s</sub> baja (mm <sup>2</sup> )	A <sub>s1</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>s</sub> kwt (mm <sup>2</sup> )	a (mm)	M <sub>nominal</sub> (kN.m)	M <sub>kap</sub> (kN.m)	A <sub>s</sub> kwt double (mm <sup>2</sup> )	a double (mm)	M <sub>nominal</sub> double (kN.m)	M <sub>kap</sub> double (kN.m)
143,351	95,519	0,817	37,717	12,731	10,185	1,691	37,95	12,793	10,234
143,351	95,519	0,817	37,717	12,731	10,185	1,691	37,95	12,793	10,234

5. Hasil pengujian balok beton bertulang dengan penambahan kawat single dan double  $\phi$  1,29 mm. Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan, didapatkan momen kapasitas yang terjadi pada balok beton bertulangan dengan penambahan kawat  $\phi$  1,29 mm dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Momen kapasitas balok beton bertulangan dengan penambahan kawat single dan double  $\phi$  1,29 mm dari hasil pengujian.

Kawat single 1,29 mm.

No	Kode	P (kN)	q (kN/m)	L (m)	M <sub>uji</sub> (kNm)
1	BK.S.16a	53,6	0,072	0,9	12,067
2	BK.S.16a	51,7	0,072	0,9	11,640
Rata-rata =					11,854

Kawat double 1,29 mm.

No	Kode	P (kN)	q (kN/m)	L (m)	M <sub>uji</sub> (kNm)
1	BK.D.16a	55,6	0,072	0,9	12,517
2	BK.D.16a	52,7	0,072	0,9	11,865
Rata-rata =					12,191

6. Hasil perhitungan secara teoritis balok beton bertulang dengan penambahan kawat single dan double  $\phi$  1,29 mm. Berdasarkan hasil perhitungan secara teoritis, didapatkan momen kapasitas yang terjadi pada balok beton bertulangan dengan penambahan kawat single dan double  $\phi$  1,29 dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Momen kapasitas balok beton bertulangan dengan penambahan kawat single dan double  $\phi$  1,29 mm dari perhitungan secara teoritis

No	b (mm)	h (mm)	d <sub>s</sub> (mm)	d (mm)	$\phi$ baja (mm)	$\phi$ kwt (mm)	f <sub>c</sub> (MPa)	f <sub>y</sub> baja (MPa)	f <sub>y</sub> kwt (MPa)
1	150	200	39,9	160,1	7,8	1,29	18,744	624,43	938,925
2	150	200	39,9	160,1	7,8	1,29	18,744	624,43	938,925
Lanjutan									
A <sub>s</sub> baja (mm <sup>2</sup> )	A <sub>s1</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>s</sub> kwt (mm <sup>2</sup> )	a (mm)	M <sub>nominal</sub> (kN.m)	M <sub>kap</sub> (kN.m)	A <sub>s</sub> kwt double (mm <sup>2</sup> )	a double (mm)	M <sub>nom</sub> double (kN.m)	M <sub>kap</sub> double (kN.m)
143,351	95,519	1,306	37,968	12,805	10,244	2,705	38,47	12,944	10,355
143,351	95,519	1,306	37,968	12,805	10,244	2,705	38,47	12,944	10,355

7. Hasil pengujian pelat beton bertulang dengan penambahan kawat single dan double  $\phi$  1,63 mm. Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan, didapatkan momen kapasitas yang terjadi pada balok beton bertulangan dengan penambahan kawat single dan double  $\phi$  1,63 mm dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Momen kapasitas balok beton bertulangan dengan penambahan kawat single dan double  $\phi$  1,63 mm dari hasil pengujian.

Kawat single 1,63 mm.

No	Kode	P (kN)	q (kN/m)	L (m)	M <sub>uji</sub> (kNm)
1	BK.S.18a	53,1	1,211	0,9	12,070
2	BK.S.18a	51,7	1,211	0,9	11,755
Rata-rata =					11,913

Kawat double 1,63 mm.

No	Kode	P (kN)	q (kN/m)	L (m)	M <sub>uji</sub> (kNm)
1	BK.D.18a	56,1	1,211	0,9	12,745
2	BK.D.18a	54,7	1,211	0,9	12,430
Rata-rata =					12,588

8. Hasil perhitungan secara teoritis balok beton bertulang dengan penambahan kawat  $\phi$  1,63 mm. Berdasarkan hasil perhitungan secara teoritis, didapatkan momen kapasitas yang terjadi pada balok beton bertulangan dengan penambahan kawat *single* dan *double*  $\phi$  1,63 dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Momen kapasitas balok beton bertulangan dengan penambahan kawat *single* dan *double*  $\phi$  1,63 mm dari perhitungan secara Teoritis

No	b (mm)	h (mm)	d <sub>s</sub> (mm)	d (mm)	ø baja (mm)	ø kwt (mm)	f <sub>c</sub> (MPa)	f <sub>y</sub> baja (MPa)	f <sub>y</sub> kwt (MPa)
1	150	200	39,9	160,1	7,8	1,63	18,744	624,43	684,715
2	150	200	39,9	160,1	7,8	1,63	18,744	624,43	684,715
Lanjutan									
A <sub>s</sub> baja (mm <sup>2</sup> )	A <sub>s1</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>s kwt</sub> (mm <sup>2</sup> )	a (mm)	M <sub>nominal</sub> (kN.m)	M <sub>kap</sub> (kN.m)	A <sub>s kwt</sub> double (mm <sup>2</sup> )	a double (mm)	M <sub>nom</sub> double (kN.m)	M <sub>kap double</sub> (kN.m)
143,351	95,519	2,086	38,053	12,829	10,263	4,319	38,65	12,999	10,399
143,351	95,519	2,086	38,053	12,829	10,263	4,319	38,65	12,999	10,399

9. Perbandingan antara momen kapasitas secara pengujian dan momen kapasitas secara teori balok bertulang baja. Berdasarkan Tabel 2.  $M_{kap, uji}$  rata-rata sebesar 11,360 kN.m sedangkan  $M_{kap, teori}$  rata-rata diperoleh sebesar 10,068 kN.m. Dengan demikian momen pada pengujian lebih besar dari pada momen teoritis yaitu mengalami persentase penurunan sebesar 11,37 %.

10. Perbandingan momen kapasitas teori/hasil uji untuk balok beton bertulang baja dengan penambahan kawat *single* dan *double*  $\phi$  1,02 mm. Perbandingan antara momen kapasitas secara pengujian dan momen kapasitas secara teori.

Berdasarkan Tabel 3. diperoleh  $M_{kap, uji}$  rata-rata sebesar 11,842 kN.m sedangkan  $M_{kap, teori}$  rata-rata diperoleh sebesar 10,185 kN.m. Dengan demikian momen pada pengujian dengan penambahan kawat galvanis  $\phi$  1,02 mm *single* lebih besar dari pada momen teoritis yaitu mengalami persentase penurunan sebesar 13,99 %, kawat galvanis  $\phi$  1,02 mm *double* mengalami persentase penurunan sebesar 13,59 %.

11. Perbandingan momen kapasitas teori/ hasil uji untuk balok bertulang baja dengan penambahan kawat  $\phi$  1,29 mm. Perbandingan antara momen kapasitas secara pengujian dan momen kapasitas secara teori.

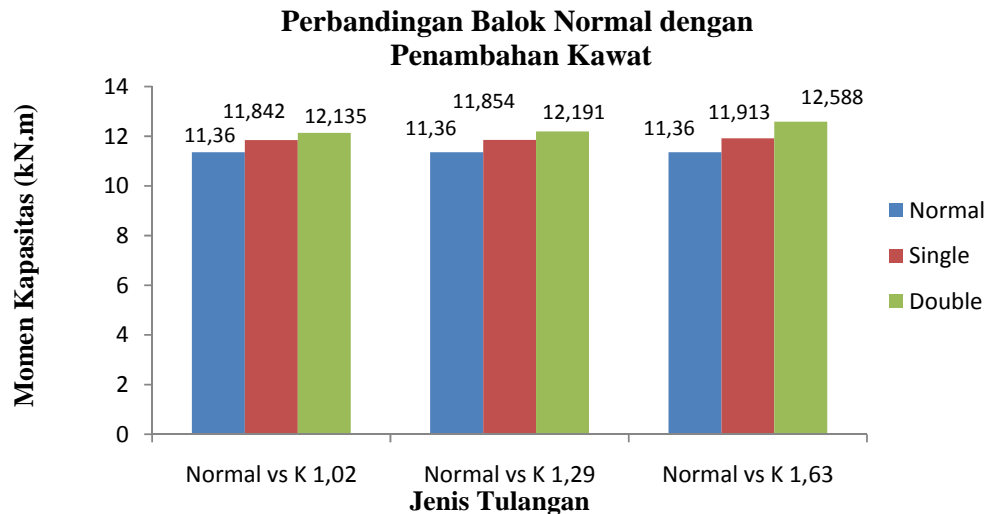
Berdasarkan Tabel 4. diperoleh  $M_{kap, uji}$  rata-rata sebesar 12,135 kN.m sedangkan  $M_{kap, teori}$  rata-rata diperoleh sebesar 10,244 kN.m. Dengan demikian momen pada pengujian dengan penambahan kawat galvanis  $\phi$  1,29 mm *single* lebih besar dari pada momen teoritis yaitu mengalami persentase penurunan sebesar 13,58 %, kawat galvanis  $\phi$  1,29 mm *double* mengalami persentase penurunan sebesar 12,64 %.

12. Perbandingan momen kapasitas teori/ hasil uji untuk bertulang baja dengan penambahan kawat  $\phi$  1,63 mm. Perbandingan antara momen kapasitas secara pengujian dan momen kapasitas secara teori.

Berdasarkan Tabel 5.  $M_{kap, uji}$  rata-rata sebesar 12,588 kN.m sedangkan  $M_{kap, teori}$  rata-rata diperoleh sebesar 10,263 kN.m. Dengan demikian momen pada pengujian dengan penambahan kawat galvanis  $\phi$  1,63 mm *single* lebih besar dari pada momen teoritis yaitu mengalami persentase penurunan sebesar 13,85 %, kawat galvanis  $\phi$  1,63 mm *double* mengalami persentase penurunan sebesar 12,71 %.

9. Grafik perbandingan antara momen kapasitas pengujian antara balok bertulang baja biasa dengan balok beton bertulang dengan penambahan kawat  $\phi$  1,02 mm,  $\phi$  1,29 mm dan  $\phi$  1,63 mm.





Grafik 1. Hubungan antara jenis tulangan dan momen kapasitas (Perbandingan momen kapasitas pengujian antara pelat biasa dengan pelat yang ditambah kawat).

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan yang dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Besarnya kuat lentur pelat berdasarkan hasil pengujian.
  - Balok beton bertulang baja biasa sebesar 11,360 kN.m.
  - Balok beton bertulang baja biasa dengan penambahan kawat  $\phi$  1,02 mm, *single* sebesar 11,842 kN.m., sedangkan dengan penambahan kawat  $\phi$  1,02 mm *double* sebesar 12,135 kN.m.
  - Balok beton bertulang baja biasa dengan penambahan kawat  $\phi$  1,29 mm, *single* sebesar 11,854 kN.m., sedangkan dengan penambahan kawat  $\phi$  1,29 mm *double* sebesar 12,191 kN.m.
  - Balok beton bertulang baja biasa dengan penambahan kawat  $\phi$  1,63 mm, *single* sebesar 11,913 kN.m., sedangkan dengan penambahan kawat  $\phi$  1,63 mm *double* sebesar 12,588 kN.m.
- Persentase kuat lentur pada balok beton bertulang baja dengan penambahan kawat galvanis yang dipasang menyilang pada bagian bawah tulangan geser dengan balok bertulang baja biasa.
  - Penambahan kawat  $\phi$  1,02 mm *single* mengakibatkan momen kapasitas secara pengujian balok meningkat sebesar 4,24%, Penambahan kawat  $\phi$  1,02 mm *double* sebesar 6,82%
  - Penambahan kawat  $\phi$  1,29 mm *single* mengakibatkan momen kapasitas secara pengujian balok meningkat sebesar 4,35 %, Penambahan kawat  $\phi$  1,29 mm *double* sebesar 7,32%
  - Penambahan kawat  $\phi$  1,63 mm *single* mengakibatkan momen kapasitas secara

pengujian balok meningkat sebesar 4,87 %, Penambahan kawat  $\phi$  1,63 mm *double* sebesar 10,81 %

- Perbandingan momen lentur pengujian dengan momen lentur analitis.

- $M_{\text{kap.uji}}$  rata-rata sebesar 11,360 kN.m sedangkan  $M_{\text{kap.teori}}$  rata-rata diperoleh sebesar 12,577 kN.m. Dengan demikian momen pada pengujian lebih kecil dari pada momen teoritis yaitu mengalami persentase penurunan sebesar 0,15 %.
- $M_{\text{kap.uji}}$  rata-rata sebesar 11,842 kN.m sedangkan  $M_{\text{kap.teori}}$  rata-rata diperoleh sebesar 12,731 kN.m. Dengan demikian momen pada pengujian dengan penambahan kawat galvanis  $\phi$  1,02 mm *single* lebih kecil dari pada momen teoritis yaitu mengalami persentase penurunan sebesar 0,11 %, kawat galvanis  $\phi$  1,02 mm *double* mengalami persentase penurunan sebesar 0,08 %
- $M_{\text{kap.uji}}$  rata-rata sebesar 12,135 kN.m sedangkan  $M_{\text{kap.teori}}$  rata-rata diperoleh sebesar 12,793 kN.m. Dengan demikian momen pada pengujian dengan penambahan kawat galvanis  $\phi$  1,29 mm *single* lebih kecil dari pada momen teoritis yaitu mengalami persentase penurunan sebesar 0,12 %, kawat galvanis  $\phi$  1,29 mm *double* mengalami persentase penurunan sebesar 0,09 %
- $M_{\text{kap.uji}}$  rata-rata sebesar 12,588 kN.m sedangkan  $M_{\text{kap.teori}}$  rata-rata diperoleh sebesar 12,999 kN.m. Dengan demikian momen pada pengujian dengan penambahan kawat galvanis  $\phi$  1,63 mm *single* lebih kecil dari pada momen teoritis yaitu mengalami persentase penurunan sebesar 0,11 %, kawat galvanis  $\phi$  1,63 mm

*double* mengalami persentase penurunan sebesar 0,05 %.

- Penambahan kawat galvanis menyilang pada tulangan geser lebih optimal, meningkat kuat lentur jika dipasang disamping kanan kiri tulangan balok bertulang, peningkatan kuat lentur sebesar 70 %, sedangkan jika dibawah kuat lentur maksimal meningkat sebesar 10 %.

### **Saran – saran**

Berdasarkan pengamatan selama pelaksanaan penelitian, maka peneliti memberikan saran sebagai berikut :

1. Dalam penelitian yang dilakukan ini, penggunaan kawat galvanis yang dipasang menyilang dibawah bagian tulangan geser dapat meningkatkan momen lentur balok beton bertulang.
2. Dalam melakukan pengujian, sebaiknya harus sangat teliti karena dengan kesalahan kecil akan mengakibatkan tidak kesesuaian data.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan hasil penelitian yang dilakukan ini, yaitu dengan menggunakan jumlah sampel yang lebih banyak, agar didapatkan data yang bervariasi.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Asroni, A., 1997. *Struktur Beton I (Balok dan Plat Beton Bertulang)*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Asroni, A., 2001. *Struktur Beton Lanjut*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1971. “*Peraturan Umum Bahan Bangunan Indonesia*”, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Mulyono, T., 2005. *Teknologi Beton*, C.V. Andi Offset, Yogyakarta.
- Murdock, L.J dan Brook, K.M. 1991. *Bahan dan Praktek Beton* (diterjemahkan oleh Stepanus Hendarko). Erlangga. Jakarta.
- Tjokrodimulyo, K., 1996, *Teknologi Beton*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.